

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ РЭС С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

***Воскобойник В. А. , к.т.н.***

*Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина*

В настоящей работе задача оптимального проектирования рассматривается как минимизация целевой функции переменных проектирования при условии выполнения основных ограничений типа неравенств [1]. Эти ограничения определяют уровни максимально допустимых перемещений, ускорений, напряжений в элементах конструкции. Область допустимых значений переменных проектирования ограничивается системой дополнительных прямых ограничений на эти переменные. В качестве целевой функции выбраны: а) минимизация массы конструкции блока РЭС; б) минимизация условной стоимости изготовления печатного узла (любые дополнительные меры конструктивного и технологического ужесточения печатного узла влекут за собой дополнительные материальные и стоимостные затраты); в) минимизация избыточных запасов прочности виброускорений на электрорадиоэлементах (ЭРЭ). Переменными проектирования являются площади поперечных сечений стержневых элементов для конструкции блока, толщины печатных плат и локальные жесткости фрагментов «печатная плата+ЭРЭ» для плоских конструктивных узлов.

Предлагается автоматизацию оптимального проектирования конструкций РЭС по обеспечению надежности с учетом внешних механических воздействий проводить в следующей последовательности:

1. Для блока РЭС выбирается материал и его физико-механические характеристики, геометрия, ориентация в пространстве и способ сочленения стержневых элементов, способ сочленения с плоским конструктивным узлом. Для плоского конструктивного узла — размещение ЭРЭ на плоском конструктивном узле (коммутационном поле) с заданными геометрическими и физико-механическими параметрами, выбор способа их крепления.

2. Определяются условия механических нагрузжений и набор ограничений на уровни виброускорений, напряжений и величин перемещений на каждый ЭРЭ или заданную конструктивную точку. Назначаются верхние и нижние границы на переменные проектирования с целью исключения нереального проекта.

3. Для расчета динамических характер поведения конструкции РЭС применяется матричный метод на базе конечно-элементной модели (КЭМ), которая наиболее полно описывает протекающие в конструкции деформационные процессы.

4. Выбирается одна из выше предложенных целевых функций.

5. Используется совместно конечно-элементный расчет конструкций РЭС и нелинейное математическое программирование для оптимального проектирования.

Так как оптимальное проектирование требует расчета большего числа аналогичных конструкций [2], оптимальное проектирование проводилось с применением:

а) анализа чувствительности (методов получения скоростей изменения характеристик конструкции РЭС при изменении проектных переменных);

б) базисного вектора переменных проектирования для плоских конструктивных узлов, представляющего собой локальные жесткости фрагментов печатной платы с учетом жесткостей, вносимых вариантом установки и способом крепления ЭРЭ.

На пути автоматизации оптимального проектирования возник ряд препятствий, а именно:

- большое количество проектных переменных;
- большое количество ограничений типа неравенств;
- большое количество ограничений типа неравенств, которые выражены через трудно вычислимые неявные функции проектных проектирования;
- большая размерность самой модели.

Для решения данной проблемы и получения области допустимых значений переменных проектирования в данной работе использовалась разработанная макро модель на базе конечно-элементной модели, благодаря которой сокращена размерность решаемой задачи и, следовательно, снижено время проведения анализа. После получения области допустимых значений переменных проектирования, проводилось уточнение параметров и условий с использованием полной конечно-элементной модели, исходными проектными параметрами для которой использовались параметры, полученные при макро моделировании.

#### **Література**

1. Хоменюк В. В. Элементы теории многоцелевой оптимизации / В. В. Хоменюк — М. : Наука, 1983. — 124 с.
2. Хог Э. Прикладное оптимальное проектирование. Механические системы и конструкции / Э. Хог, Я. Арора — М. : Мир, 1983. — 478 с.

#### **Анотація**

Розглянутий один із підходів оптимального проектування конструкцій радіоелектронних засобів, що підвернені механічному впливу, з використанням методу кінцевих елементів та теорій оптимізації. Результати роботи впроваджені в практичну діяльність ряду фахових підприємств.

Ключові слова: радіоелектронні засоби, електрорадіоелемент, кінцево-елементне моделювання, оптимальне проектування, надійність.

**Аннотация**

Рассмотрен один из подходов оптимального проектирования конструкций радиоэлектронных средств, подверженных внешним механическим воздействиям, с применением метода конечных элементов и теории оптимизации. Результаты работы внедрены в практическую деятельность ряда профильных предприятий.

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, электрорадиоэлемент, конечно-элементное моделирование, оптимальное проектирование, надежность.

**Abstract**

Considered one of the approaches the optimal structural design of radio electronic means, subject to external mechanical influences, using the finite element method and optimization theory. Results have been implemented into practice a number of core businesses.

Keywords: electronic warfare, electric components, finite element modeling, optimal design and reliability.